

Energiateollisuuden projektien kustannusarvioinnin kehittäminen

Hannu Vähätalo

Opinnäytetyö

Toukokuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Vähätalo, Hannu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Energiateollisuuden projektien kustannusarvioinnin kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), energiatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hytönen, Kari; Peuranen, Harri		
Toimeksiantaja(t) Adven Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Adven Oy:n kustannusarvioinnin kehittämistä varten. Tavoitteena oli selvittää nykyisen kustannusarviointiprosessin kehityskohdat Adven Oy:ssä ja löytää arviointitarkkuutta nostavat toimintatavat. Lisäksi tavoitteena oli selvittää energiateollisuudessa tehtävien projektien tarkkuustasojen odottamat ja lähtötietovaatimukset.</p> <p>Työssä sovellettiin pääasiassa amerikkalaisen AACE International -järjestön luomia luokituksia prosessiteollisuuteen sekä suomalaisen projektijohtamisen asiantuntijan, Risto Pelin, julkaisemaa projektihallinnan käsikirjaa. Lisäksi monia muita lähteitä käyttäen tuotettiin laaja suomenkielinen tietoperusta kustannusarvioluokituksista lukijan avuksi.</p> <p>Nykyinen Adven Oy:n tilanne selvitettiin tekemällä puolistrukturoituja teemahaastatteluja ja tekemällä niistä sisältöanalyysi. Lisäksi tutustuttiin myös itse kustannusarvioprosessiin. Kerätyn aineiston pohjalta arviointiprosessia verrattiin tuotettuun tietoperustaan ja selvitettiin kehityskohteita.</p> <p>Laadullisen kehitystutkimuksen tuloksena saatiin uusia toimintamalleja sekä parannettua olemassa olevaa kustannusseurantapohjaa. Lisäksi opinnäytetyöhön tuotettiin kattava suomenkielinen tietoperusta prosessiteollisuudessa käytettävästä kustannusarvioluokittelusta. Luokittelua pystyy hyödyntämään myös energiateollisuuden suurissa projekteissa.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat)</p> <p>Kustannuslaskenta, kustannusarviointi, projektin hallinta, energiateollisuus</p>		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Liite 5 on salassa pidettävää tietoa, joka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17 ja 20, yrityksen liikesalaisuus. Salassapitoaika kaksikymmentäviisi (25) vuotta, salassapitoaika päättyy 5/2045.</p>		

Author(s) Vähätalo, Hannu	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 45	Permission for web publication: x
Title of publication Improving cost estimation in energy industry projects		
Degree programme Bachelor's Degree Programme in Energy Technology		
Supervisor(s) Hytönen, Kari; Peuranen, Harri		
Assigned by Adven Oy		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was done to improve the cost estimation in Adven Oy's projects. The objective was to discover factors to improve in the existing cost estimation process and to determine the methods to increase the accuracy of estimates. In addition, the objective was also to determine cost estimate accuracies and the initial data needed to reach such accuracy in the energy industry.</p> <p>The thesis mainly applied a cost estimate classification system for the process industry made by an American organization AACE and a project management handbook published by a Finnish project management expert Risto Pelin. Many other sources were used as well to produce comprehensive content of cost estimate classification to assist the reader.</p> <p>The current situation in Adven Oy was studied using half-structured theme interviews and doing content analysis. The study was also done by getting familiar with the cost estimating process. The material gathered was compared to the data content, which revealed the improvement points.</p> <p>As a result of the qualitative study, new working method ideas were created, and the existing cost control template was improved. In addition, the bachelor's thesis includes comprehensive Finnish content data of cost estimate classification for the process industry which can also be used for large energy industry projects.</p>		
Keywords/tags (subjects) Cost accounting, cost estimating, project management, energy industry		
<p>Miscellaneous (Confidential information)</p> <p>Attachment 5 is confidential and therefore have had to be removed from the public version. Confidential classification is based on the law (621/1999), section 24, subsections 24, subsections 17 and 20, company's business secret. Confidential time is valid until 5/2045.</p>		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Tausta ja tutkimusasetelma	5
1.2	Adven Oy.....	6
2	Kustannuslaskennan periaatteet	7
2.1	Yrityksen laskentatoimi	7
2.2	Kustannusten jaottelu	8
2.2.1	Kustannuslajit	8
2.2.2	Kustannusjaot.....	9
2.2.3	Kustannuspaikat	12
2.3	Kustannuslaskentamenetelmät.....	12
3	Investointiprojektin kustannusarviointi ja projektinhallinta	13
3.1	Kustannusarvion vaiheet.....	13
3.2	Projekti ja eri projektityypit.....	14
3.3	Projektiositus	15
3.4	Jälkilaskenta	18
4	Kustannusarvion luokitukset ja sisältö teollisuusprojekteissa	20
4.1	Tarkkuuden merkitys ja luokitukset	20
4.1.1	Kolme kustannusarvioluokkaa	22
4.1.2	Viisi kustannusarvioluokkaa.....	23
4.2	Riskien hallinta	25
4.3	Kustannusarvion arviovaraus	26
4.4	Eskalaatio	28
4.5	Kustannusarvion tarkkuuteen vaaditut tiedot.....	29
5	Adven Oy:n kustannuslaskentaprosessi	29
5.1	Kustannuslaskennan vaiheet.....	29
5.2	Haastattelut	30
5.2.1	Keruu- ja analyysimenetelmä	30
5.2.2	Nykyiset haasteet ja analysointi	31

6 Tulokset	32
6.1 Toimintatapa ja huomioitavat asiat.....	32
6.1.1 Osallistaminen konseptikehitysvaiheeseen	32
6.1.2 Kustannusarvion sisältö	33
6.1.3 Selkeä projektiositus.....	33
6.2 Kustannusarviopohja.....	33
6.3 Tulosten luotettavuuden tarkastelu	35
7 Johtopäätökset ja pohdinta.....	35
Lähteet	38
Liitteet	40
Liite 1. AACE:n määrittämät luokat ja niiden kuvaus	40
Liite 2. Vaaditut lähtötiedot tarkkuusluokittain	42
Liite 3. Vaadittavat perustiedot arviotason saavuttamiseksi	43
Liite 4. Teemahaastattelun runko.	44
Liite 5. Adven Oy:n konseptikehityskaavio (salattu salassapitosopimuksen mukaisesti)	45
 Kuviot	
Kuvio 1. Kustannusten jaottelu	10
Kuvio 2. Kustannukset suhteessa toiminta-asteeseen	11
Kuvio 3. Teollisuuslaitosprojektin ositus	16
Kuvio 4. Vaiheittain ositettu investointiprojektin kulku	17
Kuvio 5. Ali- ja yliarvioitujen kustannusarvioiden vaikutukset Freiman-käyrällä.....	20
Kuvio 6. Pelinin kustannusarvion tavoiteltu tarkkuus projektin edetessä.....	22
Kuvio 7. AACE:n kustannusarvion tavoiteltu tarkkuus projektin edetessä.....	24
Kuvio 8. Adven Oy:n päivitetty kustannusseurantapohja	34

Taulukot

Taulukko 1. Eri luokitusstandardeja kustannusarvioinnissa	21
Taulukko 2. Kulujakaumaesimerkki monikäyttölaitoksesta	22
Taulukko 3. Eri arviointitapojen vaatimukset määritettäessä varausta projektin suuruuden ja luokan suhteen	27

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tutkimusasetelma

Kustannusarviointi on osa yrityksen kustannuslaskentaa ja sitä käytetään sekä yrityksen sisäiseen että ulkoiseen informointiin, kuten tarjouslaskentaan. Kustannuslaskenta on taas osa johdon laskentatointa, joka tunnetaan myös sisäisenä laskentatoimena. Yrityksen taloushallinto koostuu sisäisestä sekä yleisestä laskentatoimesta, jonka avulla yritys tekee mm. investointipäätöksiä (Neilimo & Uusi-Rauva, 13-14.).

Projektin kustannuksien mahdollisimman tarkalla arvioinnilla on suuri merkitys yritysten toiminnassa. Rajalliset resurssit pitää kohdistaa mahdollisimman tehokkaasti parhaimman taloudellisen hyödyn saamiseksi. Jos kustannusarviosta tehdään liian suuri, voidaan hävitä tarjouskilpailu tai jokin muu projekti voi jäädä toteuttamatta. Jos taas arviosta tehdään liian pieni, se johtaa ongelmiin loppuasiakkaan kanssa. Näitä ongelmia voivat olla esimerkiksi budjetin ylitys ja se, kuka sen maksaa.

Kustannusarviointi on osa laajaa yrityksen talouden ohjausjärjestelmää, jossa jokainen osanen linkittyy toiseensa. Tässä opinnäytetyössä on kuitenkin pyritty rajaamaan aihe vain energiaprojektien kustannusarviointiin, antamaan ymmärrystä siitä, millaisilla toimilla päästään tiettyihin tarkkuustasoihin ja miten se näkyy nimenomaan tämän opinnäytetyön tilaajalla.

Tilaajan haasteena on kustannusarvion epätarkkuus energiaprojekteissa ja tietojen hyödyntämisen epä johdonmukaisuus eri osastojen välillä. Tällä hetkellä osa yrityksen projekteista ylittää jopa kymmeniä prosentteja arvioitun kustannustason. Tämä luo toteutuessaan asiakastyytymättömyyttä sekä turhaa taloudellista rasitetta tilaajalle. Lisäksi epätarkat arviot aiheuttavat projektiorganisaatiolle suurta henkistä painetta projektin toteutuksen aikana, koska heidän pääasiallinen tavoitteensa on pysyä annetussa budjetissa sekä aikataulussa. Tähän ongelmaan opinnäytetyö pyrki hakemaan ratkaisua.

Tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä, joihin työssä pyrittiin löytämään vastauksia, olivat seuraavat:

- Kuinka tarkkoja kustannusarvioita voidaan teollisuusprojekteissa yleensä odottaa ja mitä se vaatii?
- Mitkä tekijät aiheuttavat epätarkkuutta ja miksi kustannusarviointi ei ole yhteneväinen?
- Miten kustannusarviointia voidaan yrityksessä kehittää, jotta arvion hyödyntäminen olisi tehokkaampaa?

Opinnäytetyö toteutettiin kvalitatiivisena kehittämistutkimuksena, sillä lähtökohtana oli ymmärtää ilmiötä eli energiaprojektien kustannusarviointia ja sen kehittämismahdollisuuksia syvemmin. Tähän kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusote tähtää. Pelkässä laadullisessa tutkimuksessa tutkija kuitenkin pyrkii vain ymmärtämään tai tuottamaan ongelmaan ratkaisun eikä jatka käytäntöön asti (Kananen 2010, 159). Tavoitteena tässä työssä oli lisäksi tehostaa nykyisiä menetelmiä, jolloin tarvitaan myös kehittämistutkimuksen työkaluja, kuten haastatteluja ja kyselyitä, sekä luomaan toiminnasta synteesi eli parannusehdotus (Jurvelin 2017).

Opinnäytetyön teoreettisena viitekehyksenä käytettiin kustannuslaskentaan ja projektin hallintaan liittyvää peruskirjallisuutta sekä teollisuuslaitosprojektien kustannusarvion tarkkuutta käsittelevää materiaalia. Näihin ei kuitenkaan löydy kovin kattavaa suomenkielistä kirjallisuutta vaan työssä piti hyödyntää paljon ulkomaisia prosessiteollisuutta käsitteleviä tutkimuksia ja teoksia.

1.2 Adven Oy

Adven Oy on merkittävä energia- ja vesiratkaisujen tarjoaja Pohjoismaissa ja Baltian maissa. Se tuottaa eri teollisuudenaloille höyryä, lämpöä ja kylmää sekä toteuttaa erilaisia ratkaisuja energia-, vesi- ja materiaalitehokkuuden parantamiseksi. Kiinteistöjä Adven Oy palvelee tuottamalla lämpöä ja kylmää kaukolämmöllä. Kiinteistöistä riippuen yritys toteuttaa myös bio- ja geoenergiaa hyödyntäviä ratkaisuja. Adven

Oy:n liiketoimintamalli on tarjota kokonaispalveluja ”Energy as a service” -periaatteella. Siinä yritys perehtyy asiakkaansa toimintaan, investoi ja huolehtii toiminnan jatkuvuudesta myös investoinnin jälkeen. Tähän Adven Oy:llä on apuna moderni valvomo pääkonttorillansa ja ammattitaitoinen käyttöhenkilöstö laitoksilla. (Adven Oy n.d.)

Adven Oy:n yksi tärkeistä arvoista on kestävä kehitys, ja tavoitteena on muun muassa 200 000 hiilidioksiditonin vähennys vuosina 2019 - 2024. Tähän tavoitteeseen päästään konvertoimalla asiakkaiden nykyisiä energiantuotantotapoja vähäpäästöisemmiksi sekä lisäämällä tuotannon energia- ja materiaalitehokkuutta. (Adven Oy n.d.)

Adven Oy:n liikevaihto on 216 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma on 800 miljoonaa euroa, joka auttaa yritystä toteuttamaan isojaakin investointeja. Adven Oy operoi yli 300:aa energialaitosta, joiden kapasiteetti on yhteensä noin 1900 MW. Yrityksen palveluksessa on yli 400 työntekijää. (Adven Oy n.d.)

2 Kustannuslaskennan periaatteet

2.1 Yrityksen laskentatoimi

Laskentatoimi on osa organisaation toimintaa, jonka tarkoituksena on selvittää ja tuottaa organisaation ja sidosryhmien käyttöön informaatiota sen rahaliikenteestä. Ulkoinen laskentatoimi sisältää käytännössä lakisääteisen raportoinnin ja kirjanpidon, kuten tilinpäätökset. Sisäinen laskentatoimi eli johdon laskentatoimi, määrittää organisaation kustannukset ja kohdistaa ne tuotteille ja palveluille. Tieto on lähes poikkeuksetta vain organisaation omaan käyttöön ja ensisijaisesti päätöksenteon tueksi. (Jormakka 2009, 11.)

Laskentatoimessa liikekirjanpito käsittelee jo toteutuneita tuloja ja rekisteröi käytännössä vain tilikauden menneitä tapahtumia. Johdon laskentatoimi käsittelee tämän

lisäksi myös tulevia organisaation toimenpiteitä, jolloin sen piiriin kuuluu sekä ennakolaskenta että jälkilaskenta. Ennakkolaskenta tarkoittaa tuotteen tai projektin hinnoittelua tarjousta varten ja jälkilaskenta taas lisää kustannustietoisuutta kustannus- ja kannattavuusseurannalla. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 48.)

Kustannuslaskenta ja liikekirjanpito tulkitsee rahan eri tavoin. Liikekirjanpidossa rahan kulkua seurataan tapahtumiin perustuen kassaan ja sieltä pois, jolloin se toimii vaihdon välineenä eli monetäärisellä mallilla. Kustannuslaskennassa raha on arvon mitta eli tuotannontekijän käyttöä mitataan rahassa, jolloin puhutaan bonetäärisestä mallista. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 48.)

2.2 Kustannusten jaottelu

Neilimon ja Uusi-Rauvan (2005, 47) määritelmän mukaan kustannus on tuotannontekijän rahassa mitattu käyttö tai kulutus.

Kustannuksia syntyy, kun tuotetaan tavaroita tai palveluita eli suoritteita ja käytetään tähän tuotannontekijöitä. Tuotannontekijöitä voivat olla alan tarpeiden mukaan esimerkiksi toimitilat, työntekijät, energia, raaka-aineet, koneet, posti- ja puhelinpalvelut, vakuutukset ja valmiit tuotteet, joita myydään eteenpäin. Kustannukset voidaan ryhmitellä vielä tuotantotoiminnassa ainekustannuksiin, työkustannuksiin, pääomakustannuksiin sekä muiden tavaroiden ja palveluiden kustannuksiin. (Tomperi 2016, 6-11.)

2.2.1 Kustannuslajit

Kustannusten selvitys perustuu usein kustannuslajien käyttöön. Tällöin tuotantoprosessin tai projektin tuotteen tai palvelun valmistamiseen käytetyt tuotannontekijät jaotellaan eri kustannuslajeihin. Kustannuslajeja voi olla kymmeniä ja jopa satoja isommissa yrityksissä, sillä esimerkiksi poistot voidaan lajitella rakennuksiin ja koneisiin. Nämä voi jaotella edelleen alakohtiin, kuten toimisto- ja myymälärakennuksiin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 48-49.)

Ainekustannukset syntyvät teollisuudessa tuotteiden valmistuksessa käytetyistä raaka- ja tarveaineista. Esimerkiksi vaneritehtaalla raaka-aineina ovat havupuu ja si-dosliimat. Rakennusalalla, jossa laitteita ostetaan ja myydään eteenpäin, ainekustannukset syntyvät myös laitteiden ostohinnasta, rahdeista ja vakuutuksista. Työkustannukset muodostuvat työntekijöiden palkoista ja niiden henkilösivukustannuksista, kuten sosiaaliturvamaksut, työeläke- ja tapaturmavakuutukset. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 84.)

Pääomakustannuksia tulee pitkäaikaisista tuotantovälineistä, kuten rakennuksista, laitteista ja kalustosta. Näihin sitoutuu paljon yrityksen pääomia, joista syntyvät korkokustannukset aiheuttavat merkittäviä pääomakustannuksia. Esimerkiksi 500 000 euron sijoituksesta oletetaan, että puolet on rahoitettu lainalla ja lainasta maksetaan 4 %:n korko. Käytetyn oman pääoman menetetyn koron oletetaan myös olevan 4 %, jolloin korkokustannukseksi vuodessa saadaan:

$$500\,000\text{ €} \cdot 0,04 = 20\,000\text{ €}$$

Tämän lisäksi pääomakustannuksiksi lasketaan käyttöomaisuuden poistot ja omaisuusvakuutukset. Poistoja tulee pitkäaikaisista tuotantovälineistä, kuten koneista, kalustosta ja rakennuksista. Hankinta tulee maksaa pian takaisin, mutta yrityksen toiminnassa sitä ei lasketa hankintavuoden kustannukseksi. Hankinta jaetaan poistoina taloudellisen käyttöajan kustannukseksi. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 96; Tomperi 2016, 11.)

2.2.2 Kustannusjaot

Kaikki edellä mainitut kustannuslajit voidaan jaotella Kuvio 1 mukaisesti kokonaiskustannuksiin, välittömiin ja välillisiin kustannuksiin, muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin sekä erillis- ja yhteiskustannuksiin.

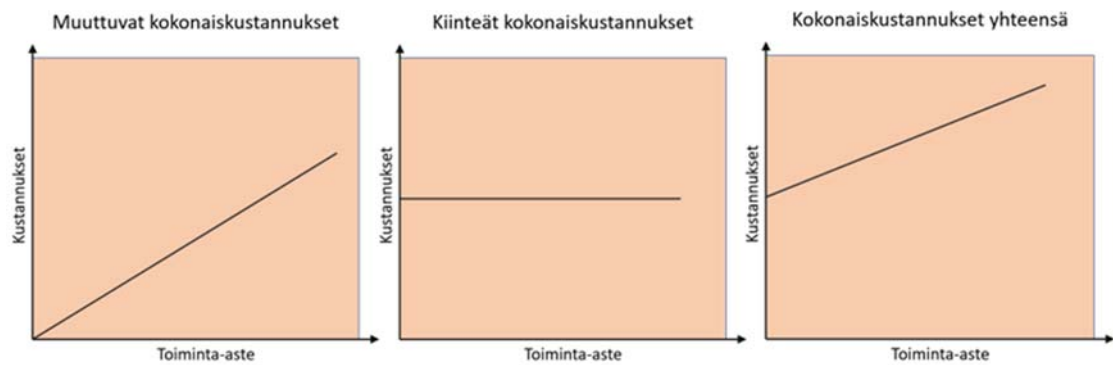
Kokonaiskustannukset			
Välittömät kustannukset		Välilliset kustannukset	
Muuttuvat kustannukset			Kiinteät kustannukset
Erilliskustannukset		Yhteis-kustannukset	

Kuvio 1. Kustannusten jaottelu (Jormakka 2009, 148, muokattu).

Muuttuvat ja kiinteät kustannukset

Kustannukset jaetaan kaikkein yleisimmin muuttuviin sekä kiinteisiin kustannuksiin ja niillä molemmilla on riippuvuussuhde yrityksen toiminta-asteesta. Voimakkaasti toiminta-asteesta riippuvat kustannukset kuuluvat kuitenkin selkeästi muuttuviin kustannuksiin. Toiminta-aste kertoo suoritteiden määrän aikayksikössä eli paljonko esimerkiksi tiettyä tuotetta on valmistettu kuukaudessa. Tuotantomäärän kasvaessa raaka-ainekustannukset nousevat, jolloin toteutuneet kustannukset kuuluvat selkeästi muuttuviin kustannuksiin. Muita muuttuvia kustannuksia ovat esimerkiksi valmistuksen palkkakustannukset ja siihen kuuluvat sivukulut, energiakulutuskulut sekä tuotantotoiminnan lisäalihankintapalvelut. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 56-57.)

Kuvio 2 huomataan, että kiinteät kustannukset riippuvat vain vähän tai eivät ollenkaan toiminta-asteesta. Sen sijaan kiinteät kustannukset seuraavat potentiaalitekijöiden muutoksia. Nämä potentiaalitekijät ovat esimerkiksi rakennus ja sen tontti, koneet sekä organisaatio. Ne kuluvat ajan mittaan, eikä niillä ole suoraa yhteyttä tuotettuun suoritteeseen. Muita kiinteitä kustannuksia ovat esimerkiksi koneiden ja laitteiden pääomakorot sekä poistot, lämmitys ja siivous sekä yritysjohdon palkkakustannukset. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 56.)



Kuvio 2. Kustannukset suhteessa toiminta-asteeseen (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 53, muokattu).

Välittömät ja välilliset (suorat- ja yleiskustannukset)

Kustannukset on mahdollista jakaa muuttuvien ja kiinteiden lisäksi myös välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Tällaista jakotapaa käytetään yleisesti, kun selvitetään tuotekohtaisia kustannuksia. Välittömät kustannukset voidaan helposti kohdistaa suoraan tuotetulle suoritteelle. Näitä kustannuksia ovat esimerkiksi raaka-aineet ja tarvikkeet sekä alihankinnat ja työntekijöiden palkat. Välillisiä kustannuksia ei pystytä selvästi kohdistamaan tuotetulle suoritteelle vaan niiden selvittämiseen tarvitaan laskentamenetelmä. Näihin kustannuksiin luetaan yleensä kiinteät kustannukset, kuten koneiden huolto ja poistot, vuokrat ja vakuutukset sekä sähkö. (Jormakka 2009, 149; Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 58.)

Jako välittömiin ja välillisiin kustannuksiin on projektitoiminnassa ja kustannusarvioinnin kannalta hyvin oleellista, koska projektiliiketoimintaa tekevän yrityksen pitää pystyä erittelemään eri projektien aiheuttamat välilliset eli suorat kustannukset. Se on samalla yksi haastavimmista jakotavoista, sillä välillisten kustannuksien selvittäminen tuottaa eri tuloksen laskentamenetelmästä riippuen. Esimerkiksi vain tietyn tuotteen valmistamiseen hankitun koneen kiinteät kustannukset (poistot, korot, tilakustannukset yms.) voidaan aiheuttamisperiaatetta hyödyntäen kohdistaa vain tietylle tuotteelle. Materiaalittomaan tuotteeseen, kuten konsulttitoimintaan, pätee sama periaate. Konsultti voi tehdä samalla sopimuksella asiantuntijatyötä useisiin projekteihin, mutta työstä saatava lasku tulisi aiheuttamisperiaatteen mukaisesti jakaa välittöminä kustannuksina eri projekteille. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 58.)

Erillis- ja yhteiskustannukset

Erilliskustannuksiin kuuluvat tarkasteltavan kohteen aiheuttamat välittömät kustannukset ja osa muuttuvista välillisistä kustannuksista. Lisäksi tähän ryhmään voidaan sisällyttää esille tulevat kiinteät erilliskustannukset. Tarkastelukohteella voidaan tässä tapauksessa tarkoittaa esimerkiksi tuotetta, osastoa, hanketta, tapahtumaa tai projektia. Erilliskustannuksiin voidaan laskea kaikki ne kustannukset, joita ei syntyisi, jos tarkasteltava kohde, kuten hanke, jää tekemättä. Yhteiskustannukset puolestaan eivät muutu, mikäli hanke jää toteuttamatta, eikä niihin vaikuta esimerkiksi suoritteiden määrä tai osaston lakkauttaminen. Yhteiskustannuksia ovat esimerkiksi johdon palkat tai kiinteistön vuokrat. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 59.)

2.2.3 Kustannuspaikat

Kun puhutaan kustannuspaikasta, tarkoitetaan yrityksen pienintä toiminnallista yksikköä, jonka synnyttämiä kustannuksia pystytään seuraamaan ja rekisteröimään erikseen. Tällaisia kustannuspaikkoja voi olla esimerkiksi varasto, valmistus, markkinointi ja hallinto. Jokaiselle kustannuspaikalle on oltava nimettynä vastuuhenkilö, jolloin kustannusseurannan tarkkailu on tehokkaampaa. Näin on tiedossa henkilö, kenen vastuulle esimerkiksi toiminnan kehittäminen selvästi kuuluu. Lisäksi jokaisen kustannuspaikan toiminta tulisi olla tarpeeksi yhdenmukaista, jolloin sen suoritteet ovat esitettävissä sekä mitattavissa samalla mittayksiköllä. Kun kuluneen kauden kustannuksia voidaan verrata tehtyihin suoritteisiin, mahdollistetaan toiminnan taloudellinen arviointi. Yhtenäisellä suoritusmitalla pystytään myös määrittämään helpommin kyseisen suorituspaikan yleiskustannuslisä tai -kerroin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 121.)

2.3 Kustannuslaskentamenetelmät

Laskentatoimen päämääränä on saada selville yritystoiminnan tulos. Tätä varten yrityksellä on käytössä erilaisia toimintatapoja tuloksen muodostamiseksi, kuten kate-
tuottolaskenta, tuotekohtainen kustannuslaskenta, kustannuslajilaskenta ja toiminto-

perusteinen kustannuslaskenta (Activity-Based costing). Näitä yhdistelemällä saadaan suuntaa-antavia ja parhaimmillaan tarkkojakin tuloksia johdon päätöksiä tueksi.

Katetuottolaskenta on yksi keskeisimmistä analyyttisen tuloslaskennan ajatusmalleista, mutta se yksinkertaistaa tosielämän tilanteita. Katetuottolaskennassa kustannukset jaetaan muuttuviin ja kiinteisiin. Laskennan peruskaava on vähentää saaduista myyntivoitoista muuttuvat kustannukset, jolloin saadaan katetuotto. Katetuotosta vähennetään kiinteät kustannukset ja saadaan toiminnan tulos. Katetuottolaskennasta saadaan muodostettua kannattavuuskuvio, jonka olennaisia käsitteitä ja analyysivälineitä ovat katetuottoprosentti ja kriittinen piste. Katetuottoprosentti kertoo, montako prosenttia katetuotto on myyntivoitoista ja kriittinen piste ilmaisee pisteen, jolloin tulos riittää kulujen kattamiseen ja toiminta muuttuu voitolliseksi. Lisäksi kannattavuuskuvioon liittyy myös varmuusmarginaali, joka on nykyisen tai suunnitellun myynti- tai valmistusmäärän ja kriittisen pisteen erotus. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 67-69.)

Vaikka katetuottolaskenta menetelmänä toimii paremmin tuottavassa teollisuudessa, ajatusmalli kannattaa pitää mielessä ja soveltaa sitä myös projektitoiminnassa. Esimerkiksi kustannusarvioluokissa on nähtävillä katetuottolaskennan piirteitä, kuten varmuusmarginaalit ja tietenkin tuloksellinen toiminta yli kriittisen pisteen.

3 Investointiprojektin kustannusarviointi ja projektinhallinta

3.1 Kustannusarvion vaiheet

Kustannusarvioita tarvitaan projektin kannattavuuslaskelmien pohjalle, ja ne toimivat kustannusvalvonnan vertailukohteina. Laskelmia päivitetään koko projektin ajan sen eri vaiheissa. Näitä vaiheita ovat

- projektimahdollisuuden tarkastelu, jolloin arvioidaan kannattavuus ja tuotetaan projektiesitys, jossa kustannusarvio on osa investointipäätöstä
- tarjouksen valmisteluvaihe, jossa arviota tarvitaan hinnoitteluun ja päätökseen tarjouksen jättämisestä
- budjetin laadinta, kun kustannusarvioiden perusteella määritellään kustannustavoitteet ja budjettivaraukset yllättävien kustannusten varalle
- projektin toteutusvaihe, jossa arviota päivitetään jatkuvasti tulevien kustannusten perusteella ennen niiden toteutumishetkeä
- projektin jälkeinen vaihe, kun pystytään arvioimaan tehtyjen investointien tuottoja sekä takaisinmaksuaikaa ja projektiin liittyvien palveluiden kustannuksia tai tuloja. (Artto, Martinsuo & Kujala 2008, 158.)

Kustannusarviossa on huomioitava arvion riittävä tarkkuus, sen soveltuvuus kustannusvalvonnan kohteeksi, arvion ei ole mahdollista olla lähtötietoja luotettavampi ja osa-arvioissa ei saa olla omia varauksiaan. Lisäksi arviointimenetelmien pitää ottaa huomioon mahdolliset budjettiylitykset siten, että ylitykset eivät vaaranna projektin kannattavuutta. (Pelin 2011, 166.)

Projektibudjetin ja kustannusarvion ero on se, että budjetti on aikaan sidottu toimintasuunnitelma, kun taas kustannusarvio on vain numeerinen laskelma projektin kustannuksista (Pelin 2011, 171). Tässä työssä perehdyttiin vain projektibudjetin muodostamiseen vaikuttaviin tekijöihin, sillä ne liittyvät läheisesti kustannusarvion lopulliseen tulokseen.

3.2 Projekti ja eri projektityypit

Projektilla tarkoitetaan kertaluonteisen tuloksen toteuttamista, missä tulos on tarkoin määritelty. Toisin sanoen teollisuuslaitoksen rakentaminen on projekti, mutta itse laitos ei. Projektin laajuus määritellään yleensä seuraavilla tekijöillä:

- tekniset ratkaisut
- laadulliset ratkaisut

- aikataulu
- resurssit.

Projekteja on monentyyppisiä ja niihin liittyvät ominaisuudet ohjaavat projektisuunnittelun painopisteitä, jotta haluttu tulos saavutetaan. Yleisesti projektit voidaan jaotella tuotekehitys-, tutkimus- ja toiminnan kehittämisprojekteihin sekä toimitus- ja investointiprojekteihin. Investointiprojektissa, ennen päätöstä sen toteuttamisesta, on tehty investointi- ja tuottolaskelmat sekä arvioitu projektin kannattavuus. Projektin arviot ovat yleensä tarkkoja ja hallittavuus on hyvä. Projekti sisältää usein osaprojekteja sekä monia toimittajia ja urakoitsijoita. Tästä syystä materiaali- ja laitetöitä on usein runsaasti. Tavoitteena on tilatun kokonaisuuden, esimerkiksi lämpölaitoksen, luovutus asiakkaalle. (Pelin 2011, 33-34.)

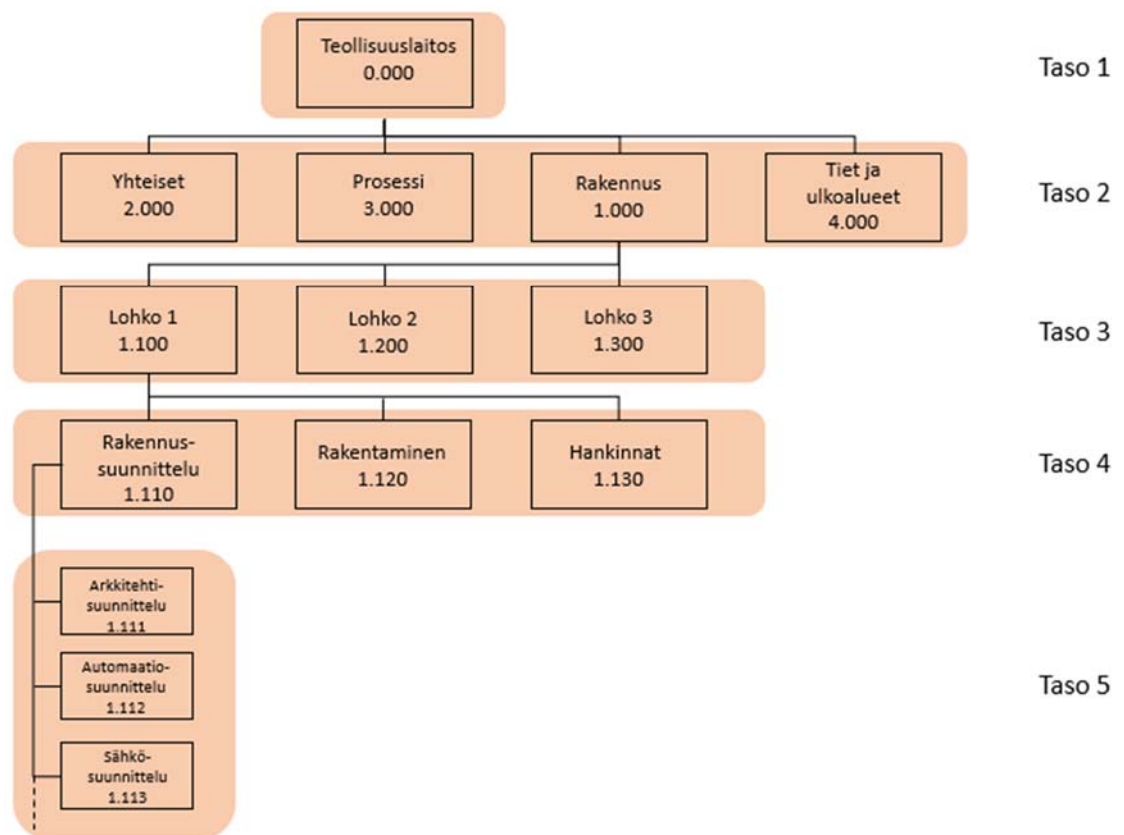
3.3 Projektiositus

Projektiositus ja sen yleisesti käytetty termi WBS (Work Breakdown Structure) tarkoittaa koko projektin jakamista omiin osaprojekteihinsa. Nämä tehtäväkokonaisuudet jaetaan hierarkkisesti edelleen pienempiin elementteihin päätyen lopulta matalimman tason ositukseen eli työpaketteihin (Work Package). Työpakettien avulla koko projektin kustannuksia ja aikataulua pystytään arvioimaan ja seuraamaan helposti. Lisäksi projektiosituksesta tulee ajan kuluessa yksityiskohtaisempi sekä päivitettyä luotettavampi työkalu kustannusten seuraamiseen ja arviointiin. (Pelin 2011, 91-97; GAO-20-195G 2020, 63-64.)

Projektiositus on hyvä tapa jäsenellä kustannusarvio, sillä samaa rakennetta voidaan käyttää myöhemmin projektibudjetin ja aikataulun seurantaan sekä raporttien pohjana. Ositus tehdään perusmenetelmien yhdistelmillä. Perusmenetelmiä ovat vaiheittainen ositus, järjestelmiin osittaminen, rakenteellinen ositus ja työläjin mukainen ositus. (Pelin 2011, 91-97.)

Rakenteellisessa osituksessa projekti jaetaan fyysisiin osiinsa ja se toimii aina pohjana muulle osittamiselle. Järjestelmiin osittaminen tarkoittaa toiminnallisten systeemien

osittamista erilleen, kuten lämmitysjärjestelmä tai tiedonsiirtojärjestelmä. Yleensä nämä osat liittyvät ristikkäin muihin projektin rakenteisiin. Projekti voidaan jakaa myös työlaajien mukaan, joita ovat esimerkiksi projektihallinto, rakennustyöt ja tarkastukset. Usein tietyllä osituksen tasolla ositus vaihtuu työlaajiperusteiseksi, kuten Kuvio 3. WBS-tasot 1 - 3 ovat rakenteellisesti ositettuja ja tasot 4 - 5 työlaajin mukaisesti. (Pelin 2011, 91-97.)



Kuvio 3. Teollisuuslaitosprojektin ositus (Pelin 2011, 96, muokattu).

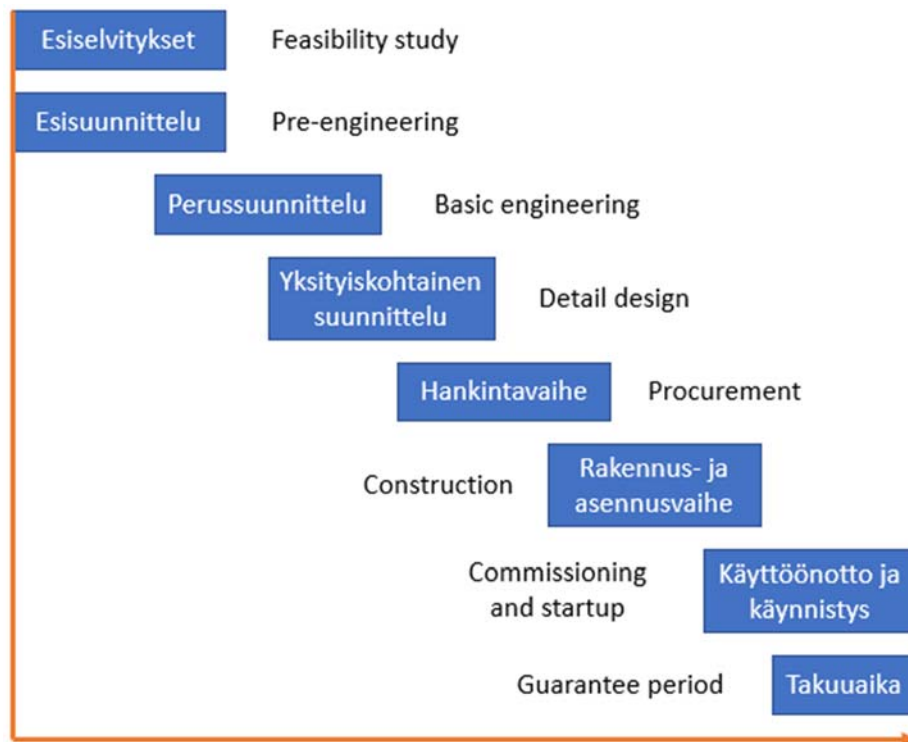
Kuvio 3 nähdään, miten elementit numeroidaan osituksessa hierarkkiseksi rakenteeksi, jolloin nähdään heti, mihin osaprojektiin tietty työpaketti kuuluu. Pelin (2011, 93) ohjeistaa rakentamaan numerokoodin yleensä seuraavasti:

- WBS-taso 1 = Koko projekti 0.000
- WBS-taso 2 = Osaprojektit 1.000
- WBS-taso 3 = Edellisen osat 1.100

- WBS-taso 4 = Edellisen osat 1.110
- jne.

Vaiheittainen ositus

Vaiheittaisessa osituksessa kokonaisuus jaetaan projektin peräkkäisiin vaiheisiin, kuten Kuvio 4. Näin varmistutaan siitä, että tehdään projektin etenemisen kannalta oikeita päätöksiä, eikä sitouduta epävarmoihin päätöksiin liian varhain. Jokaisen vaiheen jälkeen voidaan arvioida tulevat toimenpiteet uudestaan. Näiden ajallisesti vaiheistettujen osien sisällä projekti jaetaan rinnakkaisiin osaprojekteihin ja ne taas omiksi osaprojekteikseen jatkaen työpaketтиеlementtiin. (Pelin 2011, 91-97.)



Kuvio 4. Vaiheittain ositettu investointiprojektin kulku (Pelin 2011, 97, muokattu).

3.4 Jälkilaskenta

Jälkilaskelmat ja -arviointi ovat usein projektihallinnon heikoimmin huomioitu osuus. Jälkilaskenta on tietojen ylläpitoa koko hankkeen ajan ja sen tavoitteena on selvittää hankkeen taloudellinen tulos sekä tuottaa viitetietoja eli tunnuslukuja. Jälkiarvioinnissa kustannuksista ja kannattavuudesta tehdään projektin päätyttyä yhteenveto, joka on osa loppuraporttia. Lopullisesta jälkilaskelmasta ja -arviosta tulee löytyä

- tiedot projektin kustannuksista
- poikkeamien ja niiden syiden analysointi
- sisäinen kannattavuuslaskelma.

Lisäksi laskelman on täytettävä kirjanpidon vaatimukset ja se tulee olla hyödynnettävissä seuraavissa projekteissa kustannuslaskennan perustietona. (Pelin 2011, 178-179; Koskenvesa 2018.)

Jälkilaskennan avulla pystytään kehittämään eri tunnuslukuja seuraavia projekteja varten. Tunnuslukuja voivat olla esimerkiksi tietyn laiteasennuksen työtunnit tai eritelmä laitteiden hankintakustannuksista, kuten rahti ja tarkastusmaksut yms. Kustannustieto kirjataan ilman arvonlisäveroa eli nettohinnallaan ja arvonlisävero on otettu erilleen omaksi kokonaisuudekseen. Lisäksi kustannusseurantaa varten kannattaa muodostaa erityisesti aikaan sidottuja tunnuslukuja, kuten työviikkoa/rakennus-m³ ja putkiston asennusaika/100 metriä. Näillä tunnusluvuilla pystytään arvioimaan karkeasti osaprojektien aikatauluja. Jälkilaskennassa voidaan laatia yhteenvetoja myös yleisestä kustannuskehityksestä, joita ovat esimerkiksi palkkakehitys, inflaatio ja materiaalikustannusten kehittyminen. (Pelin 2011, 179; Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008, 191.)

Kustannustietojen kerääminen

Jälkilaskenta on osaltaan kustannusseurantaa, sillä se tuottaa välitöntä palautetta laskentajärjestelmän valvontaa varten. Jälkilaskenta tehdään jo silloin, kun jokin työpaketti on valmistunut ja siihen liittyvät laskutukset on tehty.

Jälkilaskennan toimenpiteet, kun työpaketti on valmistunut, ovat seuraavat:

1. Varmistetaan, että työpakettikokonaisuus on valmistunut ja kaikki sen kustannukset on laskutettu loppuun asti.
2. Tarkistetaan, että hankintojen laskutukset sekä palkanmaksut on laitettu oikeille litteroille ja ilmaantuneet virheet korjataan.
3. Määrätiedot korjataan vastaamaan toteutunutta tuotantoa ja päivitetään muutostöiden vaikutukset, jos sitä ei ole aiemmin tehty. Kustannuslaskennan virheet hankintojen määrässä raportoidaan erikseen.
4. Kustannuslajitiedot korjataan oikeiksi eli toteutuneet alihankinnat huomioidaan laskennassa täsmällisesti. Esimerkiksi, jos oman työn sijasta onkin käytetty alihankkijaa.
5. Selvitetään syyt tavoiteltujen ja toteutuneiden kustannusten eroihin.
6. Litteran kelpoisuus tarkistetaan kustannusvalvonnan kannalta. (Koskenvesa 2018, 95.)

Viitekohdekansio

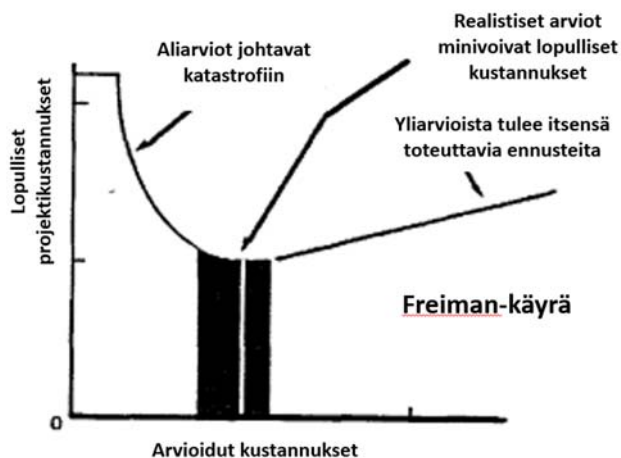
Viitekohdekansio tulee tehdä jokaisesta toteutuneesta projektista ja lisäksi hyvin onnistuneet projektit voidaan siirtää mallikohteiksi. Näitä mallikohteita käytetään myöhemmin uusien projektien kustannuslaskennassa ja tuotannon suunnittelussa sekä kustannuslaskentajärjestelmän ylläpidossa. (Enkovaara ym. 2008, 194.)

4 Kustannusarvion luokitukset ja sisältö

teollisuusprojekteissa

4.1 Tarkkuuden merkitys ja luokitukset

Kustannusarviot toimivat projektin kustannushallinnan ohjausvälineinä ja niiden avulla voidaan tehdä investointipäätöksiä, tarjouksia ja kustannusseurantaa. Kustannusarvion tarkkuus on projektin kannattavuuden kannalta elintärkeää, koska kustannuksien ali- ja yliarvioiminen johtaa usein kustannuksien jyrkkään nousuun ja jopa projektin takaisinvetoon. Yliarvioidessa kustannukset, arviosta muodostuu itsensä toteuttava ennustus, koska se johtaa saatavilla olevien resurssien harkitsemattomaan tuhlailuun. Freiman-käyrä (ks. Kuvio 5) osoittaa, että vain realistiset kustannusarviot minivoivat lopulliset kustannukset. (Lee & Jeziorek 2004.)



Kuvio 5. Ali- ja yliarvioitujen kustannusarvioiden vaikutukset Freiman-käyrällä (Lee & Jeziorek 2004, muokattu).

Kustannusarvioiden tarkkuuksiin vaikuttaa projektin laajuus ja siihen liittyvien riskien tunnistaminen. Tarkkuus riippuu myös siitä, kuinka suurta kokonaisuutta tarkastellaan. Jos esimerkiksi koko projektin kustannusarvio on tarkasteluhetkellä +/- 10 %, ollaan työpakettien tasolla +/- 50 % tarkkuudessa. Suuri erittelytarkkuus ja paremmin

hallittavissa olevat kokonaisuudet eivät automaattisesti johda tarkempaan tulokseen kuin kokonaisarvio vaan usein päinvastoin. Koko projektin kustannusarvio on monesti tarkempi, vaikka se olisi johdettu alemman tason erittelyistä. (Artto ym. 2008, 163.)

Projektille voidaan määritellä tietyt valmiusasteet ja niille kustannusarvion tavoite-tarkkuus. Eri jaottelutapoja on useita ja Taulukko 1 nähdään, miten ne sijoittuvat suhteessa toisiinsa.

Taulukko 1. Eri luokitusstandardeja kustannusarvioinnissa (AACE No 18R-97 2005, muokattu).

	AACE Classification Standard	ANSI Standard Z94.0	AACE Pre-1972	Association of Cost Engineers (UK) ACostE	Norwegian Project Management Association (NFP)	American Society of Professional Estimators (ASPE)
Määrittelyasteen kasvu projektissa	Class 5	Order of Magnitude Estimate -30/+50	Order of Magnitude Estimate	Order of Magnitude Estimate Class IV -30/+30	Concession Estimate Exploration Estimate Feasibility Estimate	Level 1
	Class 4	Budget Estimate -15/+30	Study Estimate	Study Estimate Class III -20/+20	Authorization Estimate	Level 2
	Class 3		Preliminary Estimate	Budget Estimate Class II -10/+10	Master Control Estimate	Level 3
	Class 2	Definitive Estimate -5/+15	Definitive Estimate	Definitive Estimate Class I -5/+5	Current Control Estimate	Level 4
	Class 1		Detailed Estimate			Level 5
						Level 6

Kustannusten jakautuminen

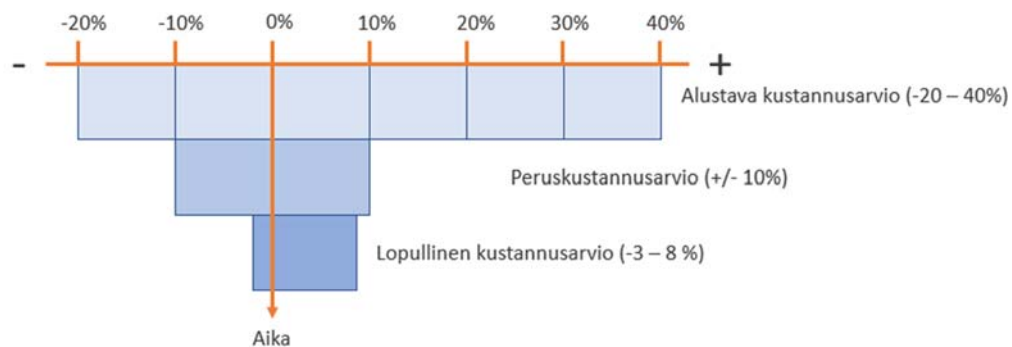
Kustannuksia voidaan ennustaa kokemusperäisesti kertoimilla samankaltaisissa projekteissa jälkilaskennasta saaduista tunnusluvuista. Taulukko 2 on esimerkki välittömistä ja välillisistä kulujakaumista tavanomaisille ja uusille (green-field project) monikäyttölaitoksille tai olemassa olevien laitosten suurille lisäosille. Näistä suurimpia investointeja ovat esimerkiksi laitteet sekä putkistot.

Taulukko 2. Kulujakaumaesimerkki monikäyttölaitoksesta. (Tiedot: Sari 2014, 8.)

Osa:	Osuus, %
Välittömät kustannukset	
Hankittu laitteisto	15-40
Hankitun laitteiston asennus	6-14
Instrumentointi ja ohjaukset (asennettu)	2-8
Putkisto (asennettu)	3-20
Sähköistys (asennettu)	2-10
Rakennukset (sis. Palvelut)	3-18
Pihaparannukset	2-5
Huoltotilat (asennettu)	8-20
Maanrakennus	1-2
Väilliset kustannukset	
Tekninen suunnittelu ja valvonta	4-21
Rakentamiskulut	4-14
Urakoitsijan palkkiot	2-6
Arviovaraus	5-15

4.1.1 Kolme kustannusarvioluokkaa

Pelin luokittelee kustannusarviot projektihallinnan käsikirjassaan helposti hahmotettavaan kolmeen luokkaan: alustava kustannusarvio, peruskustannusarvio ja lopullinen kustannusarvio (ks. Kuvio 6). Tämä luokittelu on lähellä amerikkalaista standardiorganisaation määrittelyä (ANSI standard Z94.0), joka on yksinkertainen versio laajasti käytetystä AACE:n prosessiteollisuuden keskittyvästä luokittelusta.



Kuvio 6. Pelinin kustannusarvion tavoiteltu tarkkuus projektin edetessä (Pelin 2011, 168, muokattu).

Alustava kustannusarvio tehdään ensimmäisiä kannattavuuslaskelmia varten ja projektin rahoitustarvesuunnittelun avuksi. Se on karkea arvio ja sen tarkkuus on yleensä -20 % - (+40) % välillä. Arvio perustuu päälaitteiden tiedossa oleviin hintoihin ja jälkilaskennasta saatuihin tunnuslukuihin, kuten instrumentoinnin määrä suhteessa kattilan tehoon. Lisäksi voidaan laskea suurempia kokonaisuuksia nojautuen kokemusperäiseen tietoon. (Pelin 2011, 167; Enkovaara ym. 2008, 195.)

Peruskustannusarvio pohjautuu esisuunnittelun eli käytännössä konseptikehityksen tekemien määrittelyjen pohjalle. Suunniteltuna on tehtävä- ja laiteluettelot sekä saatu käyttöön alustavat budjettitarjoukset. Arvion tarkkuus on +/- 10 % ja sen perusteella tehdään investointipäätös. Teollisuuslaitosprojektin kokonaiskustannuksien tärkeimmät määrittävät tekijät ovat kone- ja laitekustannukset. Tämä voidaan todeta myös Taulukko 2, jonka mukaan laitehankinnat ovat selvästi suurin osuus investoinnista. Peruskustannusarviossa on myös eriteltynä rakennustapasuunnitelma, alustavat sähköistysuunnitelmat ja yksityiskohtaiset PI-kaaviot, arkkitehti- ja sähkösuunnitelmat sekä projektin aikataulu. Jos käytössä on aiempien vastaavien projektien lopullisia kustannuksia, voidaan näitä tietoja käyttää kustannuksien arviointiin. Huomioon pitää tällöin ottaa kustannustason muutos käyttämällä kustannusindeksiä. (Pelin 2011, 167; Sari 2014, 8.)

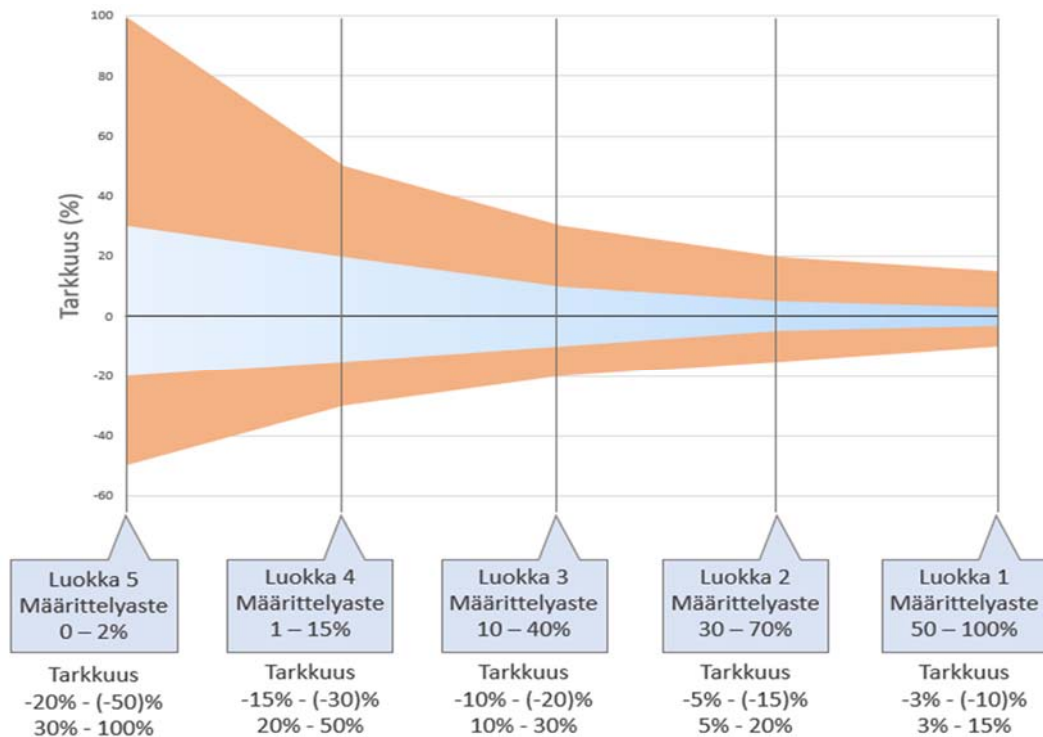
Lopullinen kustannusarvio tehdään, kun melkein kaikki suunnitelmat ovat valmiita ja valtaosa hankinnoista on tilattu sekä isoimmat urakkasopimukset allekirjoitettu. Arvion tarkkuus on -3 % - 8 %. (Pelin 2011, 167.)

4.1.2 Viisi kustannusarvioluokkaa (AACE-luokitus)

Toinen tapa on yhdysvaltalaisen AACE:n (Association for the Advancement of Cost Engineering) tekemä viisiportainen luokittelu prosessiteollisuuden rakennusprojekteihin. Niissä projektin laajuuden määrittäminen riippuu pääosin prosessin virtauskaavioista, layout- ja PI-kaavioista (AACE No 18R-97 2005). Tätä voidaan kuitenkin soveltaa myös energiantuotantoprojekteihin, sillä edellä mainitut kriteerit, esimerkiksi runsas

laite- ja putkistosuunnittelu, ovat suuressa roolissa. Samaa luokittelutapaa on soveltanut energiantuotantolaitoksissa myös Yhdysvaltain energiaministeriö (DOE/NETL-2011/1455 2011).

Kuvio 7 eri luokkien tarkkuushaarukka muodostuu projektissa käytettävän teknologian haastavuuden ja olemassa olevien kustannushistoriatietojen hyödyntämisen mukaan. Projektista pitää olla myös suunniteltuna ja määriteltynä tarpeeksi, jotta luokittelun mukainen tarkkuus pitää paikkansa. Jos projektissa käytetään matalaa teknologiaa ja vastaavista projekteista löytyy historiatietoja, voidaan esimerkiksi luokan 4 arvion tarkkuudessa päästä sen alarajoille. Tällöin koko projektista on oltava määriteltynä 1-15 %. (AACE No 18R-97 2005.)



Kuvio 7. AACE:n kustannusarvion tavoiteltu tarkkuus projektin edetessä. (Tiedot: AACE No 18R-97 2005.)

Liitteessä 1 on esitelty AACE:n määrittämät luokat (AACE No 18R-97 2005). Jokaiselle luokalle on erittely projektin vaihe, arvion käyttötarkoitus, arviointitavat, tarkkuus ja arvioitu työmäärä noin 20 miljoonan dollarin projektissa.

Kustannuksien arviointitavat luokissa 4-5 ovat lähinnä stokastisia eli todennäköisyyksiin perustuvia menetelmiä, joissa kohteiden arvot liikkuvat tietyllä vaihteluvälillä. Lisäksi arvioluokissa 4-5, ja osittain luokassa kolme, voidaan käyttää kokemusperäisiä kertoimia sekä yleisesti käytettyjä Lang-, Hand- ja Chilton-kertoimia. Luokassa 3 käytetään stokastisia sekä deterministisiä tapoja. Deterministisillä menetelmillä päästään lopputulokseen käyttäen tarkkaan määritettyjä arvoja, kuten jo lukkoon lyötyä laitteen hintaa, sen toimitusta ja asentamista. Luokissa 1-2 käytetään pääasiassa enää vain deterministisiä arviointitapoja. (AACE No 18R-97 2005.)

4.2 Riskien hallinta

Riskien hallinta jakautuu riskien tunnistukseen, analysointiin ja reagoimiseen. Eri tahot määrittelevät käsitteen *riski* eri tavoin. Kolme perinteistä tapaa siihen ovat seuraavat:

1. riski on sama kuin epävarmuus (uhkat + mahdollisuudet)
2. riski on vain negatiivisten epävarmuuksien vaikutus (uhkat)
3. riski on epävarmuuksien lopullinen vaikutus (uhkat - mahdollisuudet).

Esimerkiksi AACE-organisaatio määrittelee riskin ensimmäisen kohdan mukaan, koska projektissa hyvään riskien hallintaan kuuluu myös positiivisten epävarmuuksien realisoiminen. (Hollmann 2006, 176; Potts 2008, 106.)

Riskit voidaan jaotella Pelinin (2011, 218) mukaan kymmeneen eri ryhmään seuraavasti:

1. tekniset riskit
2. aikataulun riskit
3. taloudelliset riskit
4. organisaatio, henkilöt, tiedonkulku
5. ulkopuoliset hankinnat, toimittajat
6. asiakkaaseen liittyvät riskit
7. ympäristötekijät, luonnonolosuhteet
8. sopimukseen liittyvät riskit
9. tuotevastuuriskit (T&K projektit)

10. kansainvälisissä projekteissa kohdemaahan liittyvät riskit (lainsäädäntö, poliittiset, sotilaalliset riskit).

Projektin etenemistä vaikeuttaa, jos tavoite on olla täysin varma kaikesta, joten riskien hallinnassakin on syytä kohdistaa rajallinen aika oikeisiin, projektin kannalta relevantteihin alueisiin. Ensimmäinen vaihe on tunnistaa projektin kriittiset alueet, joita tyypillisesti ovat

- aikataulu
- uusi teknologia
- avoimet vastuukysymykset
- avainresurssien kuormitus
- organisaatorajat. (Pelin 2011, 219.)

Arvioinnissa voidaan käyttää apuna tarkistusluetteloita, jotka perustuvat aiempaan kokemukseen ja toteutuneisiin ongelmiin. Tarkistusluettelot pitävät usein sisällään toimenpide-ehdotuksen, jolla riski voidaan ehkäistä. (Pelin 2011, 230.)

4.3 Kustannusarvion arviovaraus

Arviovaraus on kustannusarvioon lisättävä määrä, joka voidaan laatia tilastollisilla todennäköisyyksillä (probabilistic) tai sovitulla päätöksellä (deterministic), joka pohjautuu aiempiin tapahtumiin tai projektikokemukseen. Lisäksi voidaan käyttää moderneja matemaattisia tapoja, kuten fuzzy-tekniikoita. (Bakhshi & Touran 2014.) Arviovaraus on osa projektibudjettia ja oletuksena on, että se käytetään. Kun arviovaraus lisätään kustannusarvioon, se ei lisää sen tarkkuutta eikä muuta arvion luokkaa. Arviovaraus kuitenkin lisää projektin todennäköisyyttä valmistua alle budjetoitujen kustannusten (Artto ym. 2008, 161; AACE No. 10S-90 2018, 26.)

Kustannusarvion varaus on tarkoitettu käytettäväksi seuraavissa tilanteissa:

- riskien epäsuotuisten tapahtumien kustannusvaikutukset, kuten muutokset suunnitelmissa, ongelmat toteutuksessa ja ympäristössä (sääolot, resurssiongelmat ja toimitusten viivästyminen)
- kustannusarvion epätarkkuuden vaikutukset, kuten puutteellisen tiedon käyttäminen arviota laatiessa tai epätarkat arviomenetelmät. (Artto ym. 2008, 161.)

Kustannusarvion varaus EI ole tarkoitettu käytettäväksi seuraavissa tilanteissa:

- suuret projektin laajuuden muutokset, kuten sijainnin tai kapasiteetin muutokset
- epätodennäköiset tilanteet, kuten suuret lakot tai luonnonkatastrofit
- valuuttamuutokset ja eskalaatio (yleinen indeksi ja resurssikohtaiset indeksit)
- laitoksen suorituskyvyn korjaaminen käynnistyksen jälkeen. (AACE No. 10S-90 2018, 26; DOE/NETL-2011/1455 2011.)

Kun projektin suuruus kasvaa, pitää arviovarauksen määrittämiseen käyttää erilaisia riskianalyyskejä ja tilastollisia todennäköisyyksiä. Taulukko 3 on projektin suositeltu suuruus eri arviointitapoja käytettäessä. Kirjallisuudessa on esitelty monia vaihtoehtoja arviovarauksen määrittämiseen tilastollisesti ja todennäköisyyksien avulla, kuten standardisoitu riskimallinnus, Monte Carlo -malli sekä kustannukset ja aikataulun sisältävä riskimallinnus. Näistä oleellimmat Advenin kannalta ovat AACE:n ennalta-määritetyt arviovaraukset ja osittain standardoitu riskimallinnus.

Taulukko 3. Eri arviointitapojen vaatimukset määritettäessä varausta projektin suuruuden ja luokan suhteen. (Tiedot: Cost Estimating Manual 2008.)

Arviovarauksen määrittystapa	Luokka 5	Luokka 4	Luokka 3	Luokka 2	Luokka 1
Ennaltamääritetyt prosentit (AACE:n ohjeistus)	Vaadittu	Vaadittu	Vaadittu	Vaadittu	Vaadittu
Standardoitu riskimallinnus	Vaihtoehtoinen	Vaadittu, jos >\$10M	Vaadittu, jos >\$10M	Vaadittu, jos >\$10M	Vaadittu, jos >\$10M
Yksinkertaistettu Monte Carlo -riskimallinnus	Vaihtoehtoinen	Vaadittu, jos >\$25M	Vaadittu, jos >\$25M	Vaadittu, jos >\$25M	Vaadittu, jos >\$25M
Yhtenäistetty kustannus-/aikatauluriskimallinnus	Ei sovellettavissa	Vaihtoehtoinen, jos >\$50M	Vaihtoehtoinen, jos >\$50M; vaadittu, jos >\$100M	Päivitys luokan 3 analyysistä	Päivitys luokan 2 analyysistä

Riskianalyysit lisäävät projektin suunnittelukustannuksia, mutta niiden avulla voidaan päästä tarkempaan arviovaraukseen. Taulukko 3 antaa suositellut projektien suuruudet, jotta tarkentuneet arviot kattaisivat lisääntyneet suunnittelukustannukset.

AACE:n laatiman luokituksen (ks. liite 1) mukaan luokka 2 vaatii 300-3000+ tuntia lisää suunnittelutyötä luokkaan 3 verrattuna, jolloin arviointivarauksen tarkkuus nousee 10-30 %:sta 5-20 %:iin. Ajatellaan esimerkiksi, että projektiin palkataan ulkopuolisia suunnittelijoita, jotka tekevät yhteensä 300-3000 tuntia lisätyötä 80 € tuntipalkalla. Se tarkoittaa 24 000-240 000 € lisäkustannuksia, joka on 10 000 000 € projektista 0,24-2,4 %. Jos tällä työpanoksella päästään 5 % tarkempaan arviovaraukseen, tarkoittaa se saman suuruudessa projektissa noin 500 000 € pienempää varausta tai jopa enemmän. Kuten Freiman-käyrä osoitti, realistisempi kustannusarvio ohjaa myös harkitumpaan rahojen käyttöön, jolloin päästään edullisempaan lopputulokseen.

Budjettivaraus (management reserve)

Budjettivarausta ei saa sekoittaa kustannusarvion arviovaraukseen. Budjettivaraus on johdon käytettävissä oleva projektin varaus, jota voi käyttää, kun projektin laajuus ja kustannustaso muuttuu. Toisin sanoen arviovaraus sisältyy hyväksyttyyn projektibudjettiin ja sillä katetaan tunnistetut epävarmuudet (known-unknowns) ja budjettivaraus tehdään projektibudjetin ulkopuolelle. Sillä katetaan tunnistamattomat epävarmuudet (unknown-unknowns). (AACE No. 10S-90 2018, 72.)

4.4 Eskalaatio

Eskalaatio on taloudellisten tilanteiden aiheuttamaa muutosta kustannustasossa, mutta on eri asia kuin inflaation aiheuttama hintojen nousu. Eskalaatio käsitteenä pitää sisällään muutokset, jotka vallitsevat ns. mikrotaloudessa, kuten energiantuotannossa. Muutokset aiheuttaa esimerkiksi teollisuuden tuottavuus ja käytetty teknologia sekä markkinatilanne, kuten kysyntä, työvoiman puute ja marginaalit. (Hollmann 2016; DOE G 413.3-21A 2018.) Toinen esimerkki eskalaatiosta on alumiinin ja teräk-

sen hintojen nousu Yhdysvaltojen asettamien tullien vuoksi, jolloin esimerkiksi eurooppalaista terästä käyttävän autoteollisuuden raaka-ainekustannukset nousivat Yhdysvalloissa. (Lehto 2018.)

4.5 Kustannusarvion tarkkuuteen vaaditut tiedot

Jotta päästään AACE:n määrittelyjen mukaan vaadittaviin tarkkuustasoihin, tulee laitosprojektissa olla tiedossa asteittain liitteen 2 mukaiset suunnitelmat. Usein tahtotilana projekteissa on päästä alle kymmenen prosentin tarkkuuteen, mikä tarkoittaa luokkaa kaksi. Tällöin on oltava projektiositus tehtynä sekä kaikki yleiset projektitiedot määriteltynä, kuten laitoksen kapasiteetti ja maaperätutkimukset. Lisäksi teknisestä dokumentoinnista tulee olla valmiina esimerkiksi prosessikaaviot, putki- ja instrumenttikaaviot ja laiteluettelot. (AACE No 18R-97 2005.)

Liitteessä 3 on esitetty vastaava taulukointi kemianteollisuuden laitoksesta. Tässä taulukossa luokittelu on lähes vastaava verrattuna AACE:n luokitteluun. Liite 3 lisättiin työhön, jotta lukija pystyy tekemään kriittistä tarkastelua taulukoiden välillä.

5 Adven Oy:n kustannuslaskentaprosessi

5.1 Kustannuslaskennan vaiheet

Liitteessä 5 nähdään tämän hetkinen Advenin kustannuslaskentaprosessi. Prosessi on erittäin toimiva kokonaisuus ja seuraa tässäkin työssä esiteltyä kolmiportaista tarkkuustasoa pienin muutoksin. Käytännössä tarkkuustaso projektiorganisaatiolle siirrettäessä on ollut noin 5-8 %. Prosessi on jaettu osioihin A-E ennen projektille siirtämistä. (Concept process... 2018.)

A-vaiheessa myyntiorganisaatio on tunnistanut potentiaalisen kohteen ja se siirretään B-vaiheeseen, jossa tehdään ensimmäinen kustannusarvio (order of magnitude) tarkkuudella +/- 40 % ja kohde vahvistetaan alustavasti kannattavaksi. Tämän jälkeen

vaiheessa C luodaan konseptiratkaisu ja päästään +/- 25 % tarkkuuteen. Tässä vaiheessa myös projektipäällikkö pääsee ottamaan kantaa arvioon ja käytettyihin ratkaisuihin. (Concept process... 2018.)

D-vaiheessa kohde määritellään tarkemmin. Tällöin tehdään teknologiatoimittajien kanssa sitovia sopimuksia ja suuri osa teknisestä dokumentaatiosta tehdään valmiiksi, kuten massa- ja energiataseet sekä prosessikaaviot. Tässä vaiheessa päästään lopulliseen tarkkuuteen, joka liitteen mukaan on +/- 15 %. (Concept process... 2018.)

E-vaiheessa konsepti- ja projektitiimi käyvät kohteessa ja käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö sekä projektitiimi antavat palautetta ratkaisusta. Tämän lisäksi tehdään projektisuunnitelma, investointi hyväksytetään, ja sopimus allekirjoitetaan, jonka jälkeen työ siirretään projektiorganisaatiolle. (Concept process... 2018.)

5.2 Haastattelut

5.2.1 Keruu- ja analyysimenetelmä

Advenin kustannusarvion nykyisiä haasteita lähdettiin kartoittamaan puolistrukturoidulla teemahaastattelulla. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastateltaville esitetään samat kysymykset samassa järjestyksessä. Kysymyksissä saattaa olla pieniä eroja, mutta sisältö on yleensä sama. Teemahaastattelu taas tarkoittaa, että esitetyt kysymykset käsitellään teemoittain. Yhden teeman sisällä kysymykset voivat seuraila haastattelun suuntaa, jotta itse haastattelutilanne pysyy luontevana. Valmiiksi valmistellut kysymykset kuitenkin esitetään kaikille. (Kananen 2010, 52-56.)

Haastatteluihin valittiin ilmiöön liittyviä eri vastuualueiden henkilöitä, ja kysyttiin heidän näkökulmaansa kustannusarvion epätarkkuuden syihin. Jokainen haastattelu oli pituudeltaan noin puolitoista tuntia. Haastateltavina olivat projektipäällikkö, nykyisen konseptiorganisaation johtaja sekä myynnissä ja konseptissa toimiva kehityspäällikkö, joka on toiminut myös projektipäällikkönä aiemmin. Näiden haastattelujen pohjalta sai näkemystä vallitsevasta kuilusta konsepti- ja projektiorganisaation välillä.

Kertyneelle aineistolle käytettiin analyysimenetelmänä haastattelun propositiotason litterointia ja sen tiivistämistä. Litterointi tarkoittaa tallennettujen keskusteluiden kirjoittamista ylös, jotta käydyt asiat on helpompi liittää yhteen. Litterointia voi tehdä kolmella eri tasolla, jotka ovat sanatarkka, yleiskielinen ja propositiotason litterointi. Propositiotasolla tallenteista kirjoitetaan ylös tärkeimmät kohdat ja varsinainen ydinsisältö. (Kananen 2010, 58-61.) Haastattelut suoritettiin luottamuksellisesti, joten seuraavissa kappaleissa nostettiin esille suurimmat haasteet yhteisesti käsiteltynä.

5.2.2 Nykyiset haasteet ja analysointi

Haastatteluissa nousi esille, että itse kustannusarvioprosessi on toimiva, mutta sitä ei ole jalkautettu tarpeeksi hyvin. Sen takia prosessin eri vaiheet ja toimintatavat eivät ole kaikille selvät. Tämä näkyy projektipäälliköille siten, että ei ole varmuutta siitä, miten voidaan vaikuttaa tarpeeksi kustannusarvioon jo sen tekovaiheessa. Tätä haastetta vaikeuttaa vielä käytettävien litteroiden (projektiositus) epäyhdenmukaisuus tiimien kesken. Se tarkoittaa, että projektipäällikkö ei ole täysin varma, mistä käsillä olevan budjetin tietty kokonaisuus koostuu ja mitä siihen on huomioitu.

Aiemmin yrityksessä projektipäälliköt ovat itse tehneet pienempien projektien kustannusarviot, jolloin projektin alkaessa kustannusten muodostuminen on ollut selvää. Tällöin projektipäällikölle on ollut mielekkäämpää myös seurata tekemänsä arvion käytännön toteutumista ja tarkkailla, onko jokainen osa-alue otettu huomioon. Esille nousi, että nimenomaan lämpökattilaprojekteissa yhteistyö konseptitiimin ja toteuttavan projektipäällikön kesken on vähentynyt huomattavasti.

Konseptitiimillä ei myöskään ole aina käytössä yhdenmukaista jälkilaskentatietoa tehdyistä projekteista. Tässä iso vaikuttava tekijä on investointien erilaisuus, sillä samaa ”tuotetta” ei tehdä toista kertaa vaan jokainen investointi on räätälöity asiakkaan tarpeita varten. Tarkan ja hyvin jäsennellyn jälkilaskentatiedon puuttuessa on mahdoton tehdä kustannusten arviointivaiheessa tarpeeksi tarkkoja laskelmia. Nämä laskelmat näyttäytyvät projektipäälliköille epämääräisinä ja luottamus laskelmiin on pieni.

Haastattelujen mukaan yksi kustannusarvion tarkkuutta heikentävä tekijä on suunnitelmien muuttuminen vielä siinä vaiheessa, kun projekti on siirtynyt projektitiimille. Tällöin esimerkiksi toteutettavan laitoksen kattilateho tai käytettävä polttoainekin saattaa huonossa tapauksessa muuttua hakkeesta pelletiksi. Tämän estämiseksi tulisi konseptivaiheessa varmistaa riittävä asiantuntemus sekä lisätä yhteistyötä kustannuslaskijan, projektipäällikön ja asiakkaan kesken.

6 Tulokset

Tähän osioon kerätiin eri toimintamalleja tarkemman kustannusarvion tuottamiseen Advenissa. Lisäksi esitellään kustannusarviopohja, jota on kehitetty aiemmasta versiosta helpottamaan nykyistä kustannusseurantaa ja tulevia kustannusarvioita.

6.1 Toimintatapa ja huomioitavat asiat

6.1.1 Osallistaminen konseptikehitysvaiheeseen

Helpoin tapa lähteä tarkentamaan kustannusarvioita haastattelujen pohjalta, on käydä läpi jo olemassa oleva konseptikehitysprosessi kaikkien osallisten kanssa. Varsinkin projektipäälliköiden osallistaminen on tärkeää jo alusta asti. Tällöin hänellä on parempi tuntuma heti projektin alettua. Vaarana on tietenkin aina projektin menettäminen ennen sopimusta ja useiden osallisten, niin sanotusti, turhat työtunnit. Projektipäällikön tuominen kehitysvaiheeseen todennäköisesti vähentäisi väärin teknisten ratkaisujen määrää ja parantaisi kustannusarvioiden laatua, jolloin projektin aikaiset muutokset ja lisäykset vähenevät. Muutoksista ja lisäyksistä johtuvat aliarviot kustannuksissa nostavat projektin lopullisia kustannuksia huomattavasti ja saattavat johtaa Freimanin-käyrän mukaan jopa taloudelliseen katastrofiin.

6.1.2 Kustannusarvion sisältö

Tietoperustaan on kerätty laaja materiaali AACE:n luomasta kustannusarviomallista ja millä tavoin tiettyyn arviotarkkuuteen päästään. Esimerkiksi liite 2 erittelee lähtötiedot prosessiteollisuuden investoinneissa ja listaa hyödyntäen tulisi pyrkiä saamaan tekninen dokumentointi sekä selvitykset valmiiksi halutusta tarkkuusluokasta.

Tällä hetkellä kustannusarvioiden tarkkuudet vastaavat AACE:n luokituksessa luokkia 3-5. Kuitenkin luovutettaessa kohde projektitiimille, arviovaraus tiputetaan usein +/- 15 %:sta alle kymmeneen. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteesta tulisi olla määriteltynä noin 70 %, vaikka AACE:n mukaan on määriteltävä vasta alle 40 %. Tällä tavoin ei päästä luotettavasti asetettuun budjettiin.

6.1.3 Selkeä projektiositus

Kolmas koko kustannuslaskentaprosessia helpottava ja samalla tarkentava työvaihe olisi tehdä selkeä projektiositus. Jokainen projekti on omanlaisensa ja asiakasta varten räätälöidään yksilölliset tekniset ratkaisut. Vääjäämättä tietyt projektiosituksen rakenteelliset osat ja sen sisältämät työlajit kuitenkin toistuvat. Näitä osia tulisi jälkilaskennan avulla pitää ajan tasalla. Konseptivaiheessa projekti voidaan rakentaa näistä osista ja lisätä mahdolliset uudet työlajit.

6.2 Kustannusarviopohja

Kustannusten seuraamista varten projektitiimi on ottanut käyttöön kaikissa uusissa projekteissaan uuden kustannusarviopohjan, jonka toivotaan tehostavan tietojen hallintaa projektin edetessä myynnistä projektiorganisaatiolle. Kustannusarviopohjan sisältämän projektiosituksen avulla pystytään systemaattisemmin nojautumaan historiatietoon ja tarkentamaan kustannusarvioita sekä tekemään arvioista luotettavampia.

Kustannusarviopohjassa on yhdistelty useita perusmenetelmiä. Laitosta käsitellään yhtenä rakenteellisena osana ja seuraavat alatasot ovat ositettu työlajeiksi. Lisäksi

Kuvio 8 nähdään toteutettu pohja, jonka ulkoasua on muutettu selkeämmäksi ja useita laskentafunktioita korjattu. Kustannus seurantapohjaan haetaan Advenin kustannusjärjestelmästä budjetti, sitoutuneet kustannukset, kirjatut kustannukset, ennuste sekä poikkeamat. Lisäksi konseptitiimin tehdessä kustannusarviota, jokainen kustannus koodataan Kuvio 8 mukaisille työlajeille/litteroille. Tällöin on tiedossa, mitä littera pitää sisällä riippumatta siitä, onko rakenteilla kylmälaite tai haihturi.

6.3 Tulosten luotettavuuden tarkastelu

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ei pystytä soveltamaan kvantitatiivisen luotettavuustarkastelun käsitteitä, reliabiliteettia ja validiteettia, yhtä yksioikoisesti. Näistä kahdesta validiteetin alakäsite, ulkoinen validiteetti, toteutuu kuitenkin työn tuloksissa. Ulkoinen validiteetti tarkoittaa, että tulokset ovat yleistettävissä ja siirrettävissä vastaaviin tilanteisiin (Kananen 2010, 69). Työssä saadut tulokset ja kerätty tieto auttavat siis parantamaan vastaavaa yritystoimintaa toteuttavan tahon kustannusarvioiden luotettavuutta. Luotettavuuden kannalta pyrittiin löytämään teemahaastatteluihin mahdollisimman olennaiset henkilöt, joita aihe koskee läheisesti. Lisäksi pyrittiin keräämään sellainen joukko, joka kattaa koko arviointiprosessin (myynti, konseptointi ja projektointi). Tässä onnistuttiin, mutta saturaatioaste jäi pieneksi. Saturaatiosta puhutaan, kun mukaan otetaan uusia haastateltavia niin kauan, kunnes samat vastaukset alkavat toistua ja saavutetaan kylläntymispiste (Kananen 2010, 70).

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa ymmärrystä siitä, millaisilla toimilla teollisuuden energiaprojekteissa päästään tiettyihin tarkkuustasoihin ja mitä nämä tasot ovat. Teoriaosuudessa saatiin vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Toinen ja kolmas tutkimuskysymys liittyy Advenin haasteisiin kustannuksien arvioinnissa. Näitä

pyrittiin kartoittamaan haastattelemalla ja paneutumalla itse kustannuksien arviointiprosessiin. Työssä sovellettiin opittuja asioita ja saatiin vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin, jotka siis olivat:

- Mitkä tekijät aiheuttavat epätarkkuutta ja miksi kustannusarviointi ei ole yhteneväinen?
- Miten kustannusarviointia voidaan yrityksessä kehittää, jotta sen hyödyntäminen olisi tehokkaampaa?

Tuloksena saatiin eriteltyä muutamia kehityskohteita Advenin toiminnassa ajatellen kustannusarviointia ja siihen liittyvää kustannustietoutta läpi projektin. Lisäksi jo olemassa olevaa kustannusarviopohjaa kehitettiin toimivammaksi ja sovittiin yhteistyöstä konseptiorganisaation kanssa, jotta kyseistä projektiositusta on mahdollista käyttää. Yhtenä merkittävänä tuloksena työhön saatiin koottua laaja katsaus kustannusarviointiin myös peruskirjallisuuden ulkopuolelta, syventäen näin käytettyä viitekehystä.

Opinnäytetyössä onnistuttiin laajasta ja vaikeasta aiheesta huolimatta löytämään relevanttia, nykyaikaista ja tutkittua tietoa erityisesti kotimaisen kirjallisuuden ulkopuolelta. Työssä pyrittiin aloittamaan aivan perustiedosta liittyen kustannuksiin ja laskentatoimeen yrityksessä. Sen jälkeen siirryttiin enemmän kustannusarvioiden käyttämiseen projekteissa. Kerättyä tietoperustaa ei kuitenkaan ehditty kunnolla hyödyntää aikataulullisista syistä ja varsinaiset tulokset jäivät pintapuoliseksi. Tässä ei onnistuttu toivotulla tavalla.

Tietoperustaan kerätty materiaali käsittelee usein prosessiteollisuutta, mutta sen käyttö on perusteltua, sillä toteutettavat tekniset ratkaisut ovat pääpiirteittäin yhteneväiset energiateollisuuden projektien kanssa. Molemmissa esimerkiksi isoimpia yksittäisiä investointeja ovat laitteet, putkistot ja niiden suunnittelu. Projektin hoito on käytännössä yhteneväistä riippumatta teollisuudenalasta. Opinnäytetyön aineistoa varten tehdyt haastattelut olisivat voineet olla ajallisesti tiivistetympiä ja osallistujia enemmän, jotta olisi havaittu toistuvia kehityskohteita. Nyt vaarana on subjektiivisten mielipiteiden näkyminen haastatteluiden tuloksissa.

Varsin pinnallisesta tuloksien käsittelystä huolimatta, opinnäytetyössä on hyödyllistä tietoa, josta on apua lukijalle. Lisäksi saatuja tuloksia pystytään helposti jatkokehittämään. Esimerkiksi projektiositusta pystyttäisiin edelleen kehittämään merkittävästi. Mikäli halutaan pysyä nykyisessä kustannusseurantapohjassa, voisi sen taustalle kehittää aluksi yksityiskohtaisemman ja pysyvämmän projektiosituksen, josta tiedot siirretään nykyisten litteroiden avulla. Myöhemmin voisi siirtyä graafisemman käyttöliittymän käyttöön, joka on käytössä jokaisessa projektin vaiheessa.

Lähteet

AACE No 10S-90. 2018. Cost engineering terminology. AACE International. Viitattu 16.4.2019. <https://web.aacei.org/resources/publications/recommended-practices>.

AACE No 18R-97. 2005. Cost estimate classification system – As applied in engineering, procurement, and construction for the process industries. AACE International. Viitattu 10.4.2019. https://www.costengineering.eu/Downloads/articles/AACE_CLASSIFICATION_SYSTEM.pdf.

Adven Oy. N.d. Adven yrityksenä. Viitattu 19.5.2020. <https://www.adven.fi/fi/adven-yrityksena/>.

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2008. Projektiliiketoiminta. 2. p. Helsinki: WSOY.

Bakhshi, P. & Touran, A. 2014. An overview of budget contingency calculation methods in construction industry. *Procedia Engineering*, 85, 1, 52-60. Viitattu 8.5.2019. www.sciencedirect.com.

Concept process in new sales projects. 2018. Adven Oy, konseptiorganisaatio. Ohje konseptiprosessiin Adven Oy:n tietojärjestelmässä.

Cost Estimating Manual. 2008. New Yorkin kaupungin ympäristönsuojeluviraston ohje kustannusarviointiin. Viitattu 6.5.2019. <http://www.nyiec.org/resources/Documents/DEP.pdf>.

DOE G 413.3-21A. 2018. Cost estimating guide. Yhdysvaltojen energiaministeriö. Viitattu 21.5.2019. <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-21A>.

DOE/NETL-2011/1455. 2011. Cost Estimation Methodology for NETL Assessments of Power Plant Performance. Yhdysvaltain energiaministeriö. Viitattu 22.5.2019. https://www.netl.doe.gov/projects/files/QGESSCostEstimationMethodologyforNETLAssessmentsPowerPlantPerformance_080111.pdf.

Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. 2008. Rakennushankkeen kustannushallinta. 4. p. Helsinki: Rakennustieto.

GAO-20-195G. 2020. GAO Cost Estimating and Assessment Guide. Best Practices for Developing and Managing Capital Program Costs. Yhdysvaltojen tarkastusvirasto. Viitattu 1.3.2020. <https://www.gao.gov/products/GAO-20-195G>.

Hollmann, J. 2006. Total Cost Management Framework A Process for Applying the Skills and Knowledge of Cost Engineering. 1. p. AACE International. Viitattu 19.3.2019. <https://web.aacei.org/resources/publications/tcm>.

Hollmann, J. 2016. Project Risk Quantification: A Practitioner's Guide To Realistic Cost and Schedule Risk Management. Diaesitys. Viitattu 20.4.2019. <http://aacei-hgcs.org/2016-10-12-john-hollmann-owner-validation-estimating-llc-project-risk-quantification-a-practitioners-guide-to-realistic-cost-and-schedule-risk-management/>.

Jeziorek, P. & Lee, T. 2004. An exploratory study of cost engineering in axiomatic design: Creation of the cost model based on an FR-DP map. Viitattu 21.5.2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20040082391>.

Jormakka, R., Koivusalo K., Lappalainen J. & Niskanen M. 2009. Laskentatoimi. Helsinki: Edita Publishing.

Jurvelin, J. 2017. Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimus ja kehitys - opintojakson luentomateriaali. Viitattu 20.3.2019. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Koskenvesa, A. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto.

Lehto, T. 2018. Vain pieni osa Suomen metalliviennistä USA:han – Trumpin tullit voivat aiheuttaa silti isot vahingot. Viitattu 15.7.2019. <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/metalli/vain-pieni-osa-suomen-metalliviennista-usa-han-trumpin-tullit-voivat-aiheuttaa-silti-isot-vahingot-6705527>.

Mosberger, E. 2000. Chemical Plant Design and Construction. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. 6.-7. uud. p. Helsinki: Edita Publishing.

Pelin, R. 2011. Projektihallinnan käsikirja. 7. uud. p. Helsinki: Projektijohtaminen.

Potts, K. 2008. Construction cost management: learning from case studies. Viitattu 5.3.2019. http://www.academia.edu/download/55615017/Construction_Cost_Management_Learning_from_Case_Studies.pdf.

Sari, R. 2014. General process plant cost estimating. Teknisen suunnittelun ohje. KLM Technology Group. Viitattu 1.4.2019. <https://www.klmtechgroup.com/Engineering-Design-Guidelines.htm>.

Tomperi, S. 2016. Yrityksen taloushallinto 3. Kannattavuus- ja kustannuslaskenta. 11. uud. p. Helsinki: Edita Publishing.

Liitteet

Liite 1. AACE:n määrittämät luokat ja niiden kuvaus (AACE No 18R-97. 2005).

Luokka 5 (order of magnitude)

Kuvaus ja käyttötarkoitus: Tehty hyvin vähäisen tiedon pohjalta, jonka vuoksi arvion tarkkuudessa on suuret heitot. Voidaan toteuttaa lyhyessäkin ajassa. Tiedossa useimmiten vain laitoksen tyyppi, sijainti ja kapasiteetti, mutta joitain erityisvaatimuksia saattaa olla tiedossa.

Luokan 5 arvio tehdään konseptisuunnittelua varten (concept screening). Lisäksi sitä voidaan hyödyntää strategisessa liiketoiminnan suunnittelussa, kuten markkinatutkimuksessa, eri vaihtoehtojen tarkastelussa, hankkeiden seulonnassa ja sijainnin arvioinnissa, resurssitarpeen selvittämisessä ja budjetoinnissa sekä pitkän tähtäimen pääomasuunnittelussa.

Arviointitavat: Karkeita stokastisia arvioita, kuten kustannus-/kapasiteettikäyrät, erilaiset kertoimet (Lang, Hand, Chilton, Peters-Timmerhaus, Guthrie) ja mallinnustekniikat.

Tarkkuus: -20 % - (-50) % ja 30 % - 100 %

Työpanos: 1 h – 200 h+

Luokka 4 (feasibility estimate)

Kuvaus ja käyttötarkoitus: Tehty vähäisen tiedon pohjalta. Sisältää vähintään laitoksen kapasiteetin, lohko-kaaviot, layoutin, vuokaaviot päälaitteille, alustavasti suunnitellut prosessit ja niiden apujärjestelmät, kuten höyry, sähkö ja vesi.

Luokan 4 arviota voidaan hyödyntää esimerkiksi yksityiskohtaisemmassa strategisessa suunnittelussa ja liiketoiminnan kehityksessä, pidemmällä olevien hankkeiden seulonnassa, vaihtoehtoisen ratkaisun analysoinnissa, taloudellisen ja teknisen toteutuksen vahvistamisessa sekä alustavan budjetin hyväksyttämisessä.

Arviointitavat: Käytetään edelleen varsin karkeita arviointitapoja. Esimerkiksi kertoimia (Lang, Hand, Chilton, Peters-Timmerhaus, Guthrie) sekä mallinnustekniikoita.

Tarkkuus: -15 % - (-30) % ja 20 % - 50 %

Työpanos: 20 h – 300 h+

Luokka 3 (budget estimate)

Kuvaus ja käyttötarkoitus: Arvio on jo huomattavasti tarkempi ja sitä käytetään myöhemmissä projektin vaiheissa hyödyksi. Usein se jää myös projektin viimeiseksi kustannusarvioksi. Arvio sisältää vähintään prosessien sekä aputoimintojen vuokaaviot, alustavat PI-kaaviot, asemapiirroksen, layout-piirustuksia. Arvioon kuuluu olennaisesti myös prosessien ja apujärjestelmien osaluettelot.

Luokan 3 arviota käytetään budjetin hyväksyntää ja rahoituksen keräämistä varten. Näin ollen myöhemmin projektin kaikkia kustannuksia valvotaan ja verrataan tätä arviota vasten, kunnes saatavilla on yksityiskohdaisempi arvio.

Arviointitavat: Arviointiin käytetään yksilöidymiä hintoja vakiokertoimien sijaan. Arvio tehdään kuitenkin lähinnä työpaketien mukaan siten, että hinta arvioidaan koko työmääränä yksittäisten komponenttien sijaan. Edellä mainittuja kertoimia voidaan käyttää edelleen vähemmän tärkeissä projektin osissa.

Tarkkuus: -10 % - (-20) % ja 10 % - 30 %

Työpanos: 150 h – 1500 h+

Luokka 2 (definitive estimate)

Kuvaus ja käyttötarkoitus: Yksityiskohtaisempi arvio, joka korvaa edellisen. Kaikkia tulevia projektin töitä verrataan tähän arvioon, jotta ollaan selvillä kustannuksista ja etenemisestä. Toimittaja muodostaa tilaajalle tämän arvion jälkeen usein lopullisen projektin hinnan. Luokan 2 arvioon sisältyy ainakin seuraavat tiedot:

- prosessien vuokaaviot
- PI-kaaviot
- lämpö- ja materiaalitasekaaviot
- lopullinen asemapiirros ja layout-piirustukset
- lopulliset prosessien ja apujärjestelmien osaluettelot
- Sähköistyksen periaatekuva ja sähkölaitteet
- myyjien tarjoukset
- yksityiskohtaiset projektin toimeenpanosuunnitelmat sekä resurssi- ja työntekijäsuunnitelmat.

Arviointitavat: Yksityiskohtainen osaluettelo ja niiden yksikköhinnat. Vielä tuntemattomilla osa-alueilla voidaan käyttää arvioituja yksikköhintoja kertoimien sijaan (forced take-off).

Tarkkuus: -5 % - (-15) % ja 5 % - 20 %

Työpanos: 300 h – 3000 h+

Luokka 1 (Tender estimate)

Kuvaus ja käyttötarkoitus: Luokan 1 arvio tehdään yleensä projektin erillisille osille tai kaikkein kriittisimmille kohteille, sillä se vaatii paljon työtä. Sillä korvataan edellisen tarkkuustason arvio, jolloin sitä käytetään kustannusten seurantaan siitä eteenpäin. Tarkempi arvio voidaan tehdä tarjouksen tarkistamista varten, tukemaan neuvotteluita urakoitsijan/myyjän kanssa tai vaatimuksien arviointiin ja riidan ratkaisuun. Siihen sisältyy käytännössä kaikki suunniteltu työ ja suunnitteludokumentointi sekä lopulliset projektin toimeenpano- ja käyttöönottosuunnitelmat.

Arviointitavat: Kaikki osat ja laitteet ovat yleensä arviossa yksikköhinnoin perustuen oikeisiin suunniteltuihin määriin ja kokoihin.

Tarkkuus: -3 % - (-10) % ja 3 % - 15 %

Työpanos: 600 h – 6000 h+

Liite 2. Vaaditut lähtötiedot tarkkuusluokittain (AACE No 18R-97. 2005).

	ESTIMATE CLASSIFICATION				
	CLASS 5	CLASS 4	CLASS 3	CLASS 2	CLASS 1
MATURITY LEVEL OF PROJECT DEFINITION DELIVERABLES	0% to 2%	1% to 15%	10% to 40%	30% to 75%	65% to 100%
General Project Data:					
Project Scope Description	Preliminary	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Production/Facility Capacity	Preliminary	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Location	Preliminary	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Soils & Hydrology	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Integrated Project Plan	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Master Schedule	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Escalation Strategy	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Work Breakdown Structure	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Code of Accounts	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Contracting Strategy	Not Required	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Engineering Deliverables:					
Block Flow Diagrams	S/P	P/C	C	C	C
Plot Plans	NR	S/P	C	C	C
Process Flow Diagrams (PFDs)	NR	P/C	C	C	C
Utility Flow Diagrams (UFDs)	NR	S/P	C	C	C
Piping & Instrument Diagrams (P&IDs)	NR	S/P	C	C	C
Heat & Material Balances	NR	P/C	C	C	C
Process Equipment List	NR	S/P	C	C	C
Utility Equipment List	NR	S/P	C	C	C
Electrical One-Line Drawings	NR	S/P	C	C	C
Design Specifications & Datasheets	NR	S/P	C	C	C
General Equipment Arrangement Drawings	NR	S	C	C	C
Spare Parts Listings	NR	NR	P	P	C
Mechanical Discipline Drawings	NR	NR	S/P	P/C	C
Electrical Discipline Drawings	NR	NR	S/P	P/C	C
Instrumentation/Control System Discipline Drawings	NR	NR	S/P	P/C	C
Civil/Structural/Site Discipline Drawings	NR	NR	S/P	P/C	C

- Not Required / NR → Ei vaadittu
- Preliminary / P → Alustava
- Defined → Määritetty
- S → Aloitettu
- C → Valmis

Liite 3. Vaadittavat perustiedot arviotason saavuttamiseksi (Mosberger 2005, 14).

Required information		Detailed estimate $\pm 5\%$	Definitive estimate $\pm 10\%$	Preliminary estimate $\pm 20\%$	Study estimate $\pm 30\%$	Order of magnitude estimate $> \pm 30\%$
Location	Location factors	•	•	•	•	•
	General description	•	•	•	•	•
	Soil conditions	•	•	•	•	•
	Space required and dimensions for tracks, embankments, roads, fences	•	•	•	•	•
	General plan for development, topographical maps	•	•	•	•	•
	Site and partial site plan	•	•	•	•	•
Process flow diagrams	Block flow diagrams	•	•	•	•	•
	Preliminary technological schemes	•	•	•	•	•
	Process flow diagrams	•	•	•	•	•
Apparatus and machinery	Preliminary equipment list (size and material)	•	•	•	•	•
	Detailed design and equipment specifications	•	•	•	•	•
	Equipment data sheets	•	•	•	•	•
	General arrangement drawings	•	•	•	•	•
	-preliminary	•	•	•	•	•
Buildings	-detailed	•	•	•	•	•
	Estimated size and type of buildings	•	•	•	•	•
	Foundation outlines	•	•	•	•	•
	Architectural and construction layout drawings	•	•	•	•	•
	Preliminary building drawings	•	•	•	•	•
	General arrangement drawings incl. elevations	•	•	•	•	•
Energy requirements	Detailed drawings	•	•	•	•	•
	Estimated energy requirements (water, steam, electric power, etc)	•	•	•	•	•
	Preliminary heat balance	•	•	•	•	•
	Preliminary energy flow diagrams	•	•	•	•	•
	Final heat balance	•	•	•	•	•
	Final energy flow diagrams	•	•	•	•	•
Pipes and fittings	Detailed drawings and specifications	•	•	•	•	•
	Preliminary piping and instrumentation diagrams	•	•	•	•	•
	Final piping and instrumentation diagrams	•	•	•	•	•
Insulation	Detailed drawings and specifications	•	•	•	•	•
	Preliminary specifications	•	•	•	•	•
	Preliminary lists of piping and equipment to be insulated	•	•	•	•	•
	Detailed specifications for insulation (wallthickness and materials)	•	•	•	•	•
Control systems	Detailed design and specifications	•	•	•	•	•
	Preliminary instrumentation list	•	•	•	•	•
	Final piping and instrumentation diagrams	•	•	•	•	•
Electrical engineering	Detailed drawings and specifications	•	•	•	•	•
	Preliminary list of motors including design data	•	•	•	•	•
	Final list of motors including design data	•	•	•	•	•
	Size and number of transformers	•	•	•	•	•
	Specification of power distribution	•	•	•	•	•
	Preliminary lighting plan	•	•	•	•	•
	Preliminary plans for locking and control instruments	•	•	•	•	•
	One-line diagrams for power and light	•	•	•	•	•
Man hours	Detailed drawings and specifications	•	•	•	•	•
	Engineers and draftsmen	•	•	•	•	•
	Specialists (craftsmen, e.g., for piping models)	•	•	•	•	•
Scope of project (standard process)	Site supervision	•	•	•	•	•
	Characteristic data of the plant including capacity, location, space requirements, requirements of service and auxiliary plants, storage	•	•	•	•	•

Liite 4. Teemahaastattelun runko.

Yrityksen taustatiedot

Yrityksen nimi	Adven Oy
Toimiala	Energiapalvelut, Energian tuotanto
Liikevaihto	200 milj. €
Henkilöstö	370

Teemahaastattelun toteutus

Haastattelija	Hannu Vähätalo
Ajankohta	Kesä-heinäkuu 2019
Kesto	1,5 tuntia
Haastateltava henkilö	XXX
Asema	XXX

Tutkimuksen tavoitteet esitetty [X], Tutkimuslupa saatu tutkittavalta [X], Tutkimuseettiset kysymykset huomioitu [X]

Teemat

Teema 1	Arviointiprosessi
Teema 2	Kustannusarvion tarkkuus ja arviovaraus
Teema 3	Muutokset
Teema 4	Jälkilaskenta
Teema 5	Kustannusarviopohjan kehitys

Liite 5. Adven Oy:n konseptikehityskaavio (salattu salassapitosopimuksen mukaisesti) (Concept Process... 2018).